03 1991

0 3 7

ТУ-19-241-82

8

1


студия
ДИАФИЛЬМ

07—3—619

РЕНТГЕНОВСКИЕ



Диафильм по физике для X (XI) класса

I. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

$\lambda \approx 10^{-8} \div 10^{-12}$ м

Радиоволны	ИК	УФ	Рентгеновское излучение	γ

$\nu \approx 10^{16} \div 10^{20}$ Гц



Электромагнитные волны различных диапазонов имеют неодинаковое происхождение и по-разному взаимодействуют с веществом.

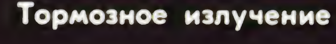




Схема синхротрона



Рентгеновское излучение возникает: а) при торможении быстрых электронов в мишени, б) в горячей плазме, в) в циклических ускорителях электронов.

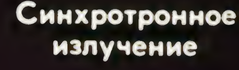


I (λ)

E_e = 50 кэВ

E_e = 25 кэВ

2 4 6 8 λ, 10^{-11} м



I (λ)

E_e = 320 МэВ

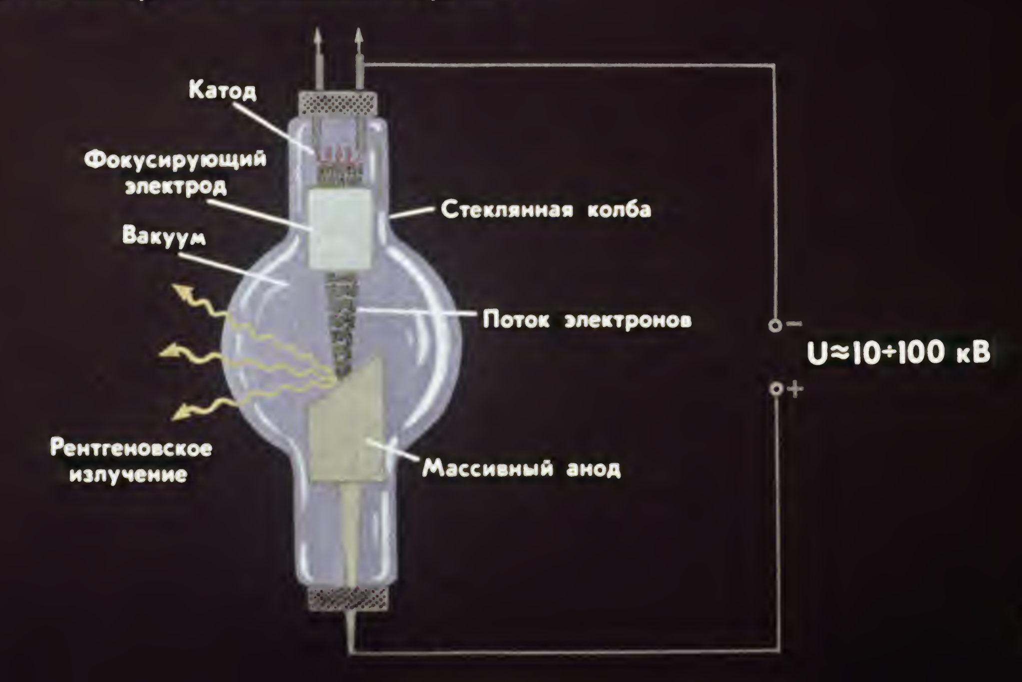
E_e = 240 МэВ

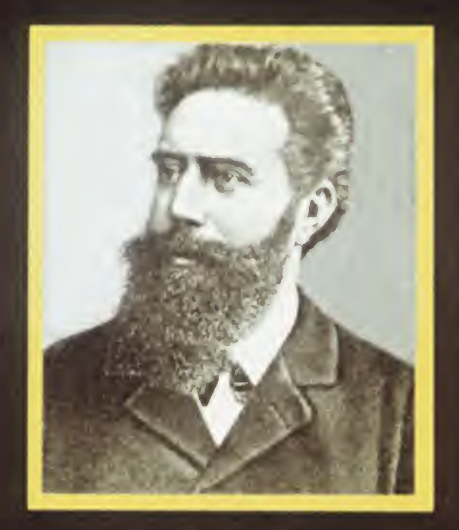
0 1 2 3 λ, 10^{-8} м

Излучение этих источников различается по спектральному составу.

Традиционный источник рентгеновских лучей — рентгеновская трубка.

В ней созданы условия для термоэлектронной эмиссии и резкого торможения электронов.

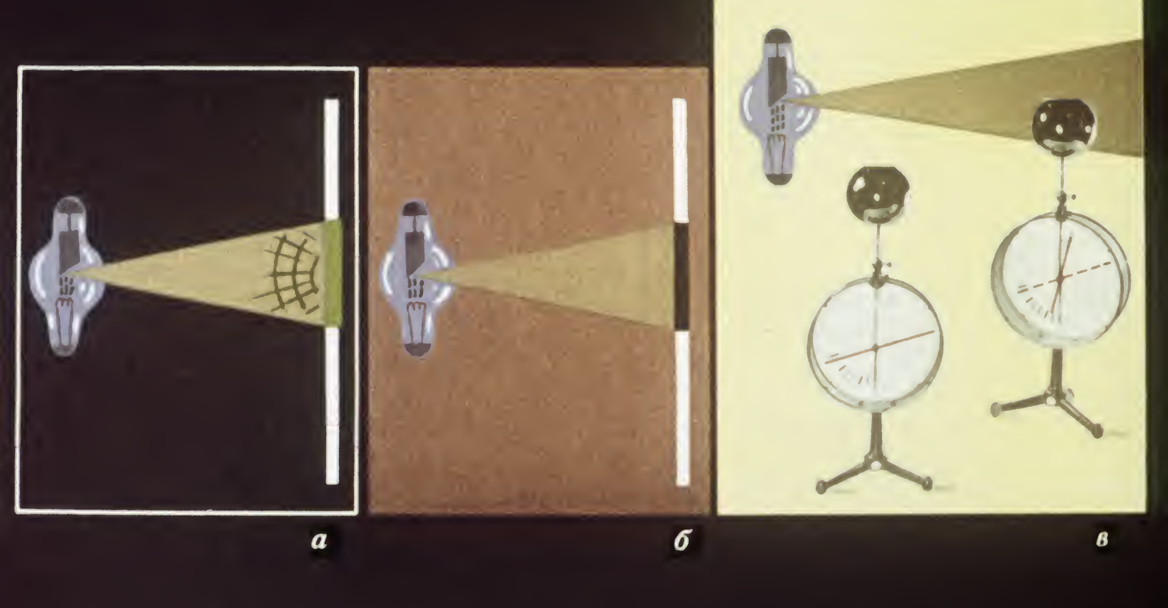




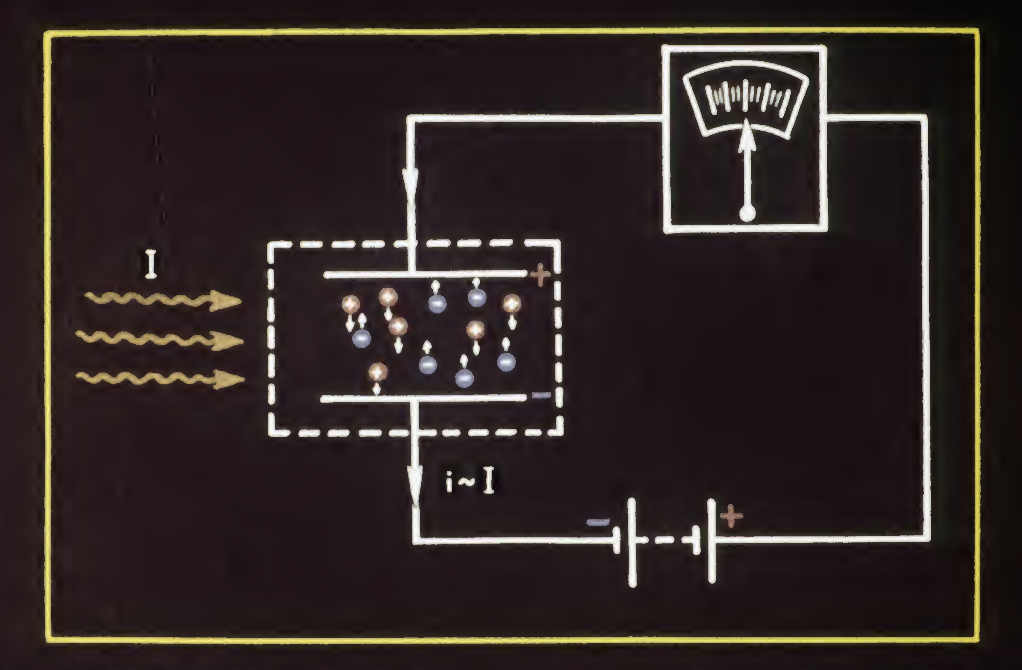
В. К. Рентген (1845—1923)—первый лауреат Нобелевской премии по физике.

Трубки, которыми пользовался Рентген.

Рентгеновскими лучи названы в честь немецкого физика Рентгена. Ученый обнаружил это излучение во время исследований электронных пучков в газоразрядных трубках.



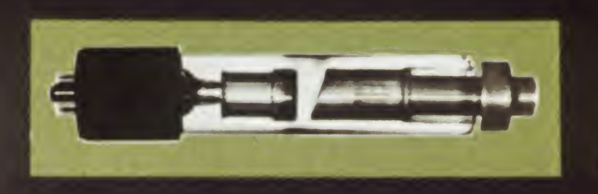
Рентгеновские лучи невидимы для глаза, однако их действие вызывает свечение некоторых веществ *(а)*, почернение фотоэмульсии *(б)*, ионизацию газов *(в)*.



Для электрической регистрации рентгеновских лучей используют газонаполненные ионизационные камеры. Сила тока (i) в цепи камеры пропорциональна интенсивности (I) падающего излучения.

Трубки разных конструкций







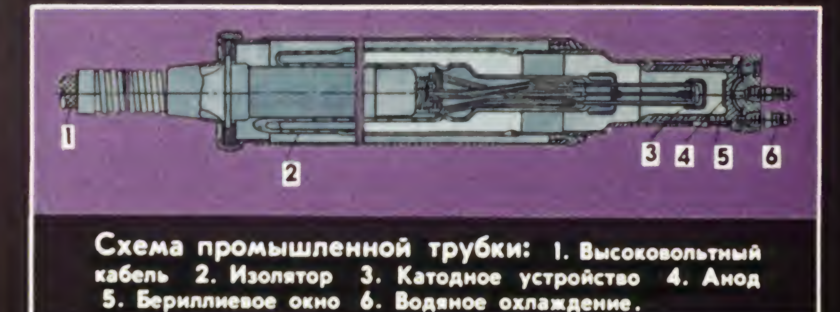
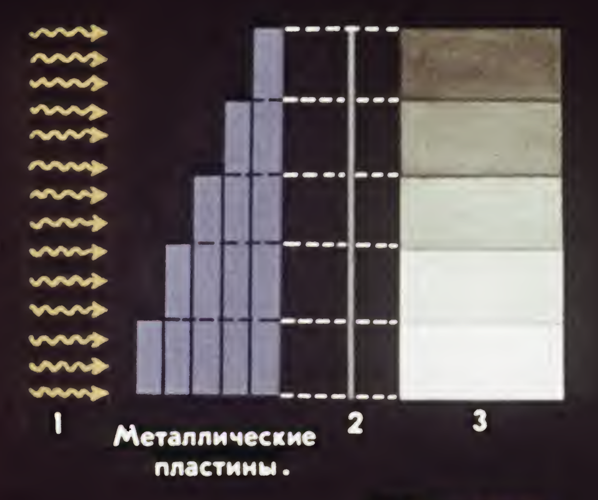
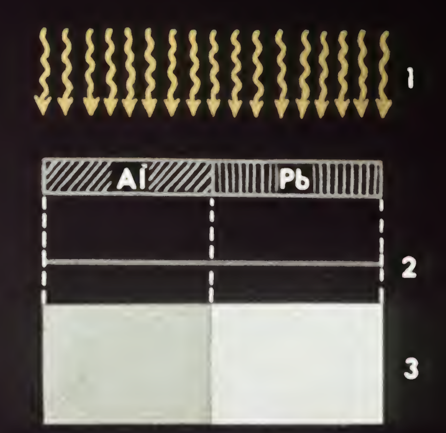


Схема промышленной трубки: 1. Высоковольтный кабель 2. Изолятор 3. Катодное устройство 4. Анод 5. Бериллиевое окно 6. Водяное охлаждение.

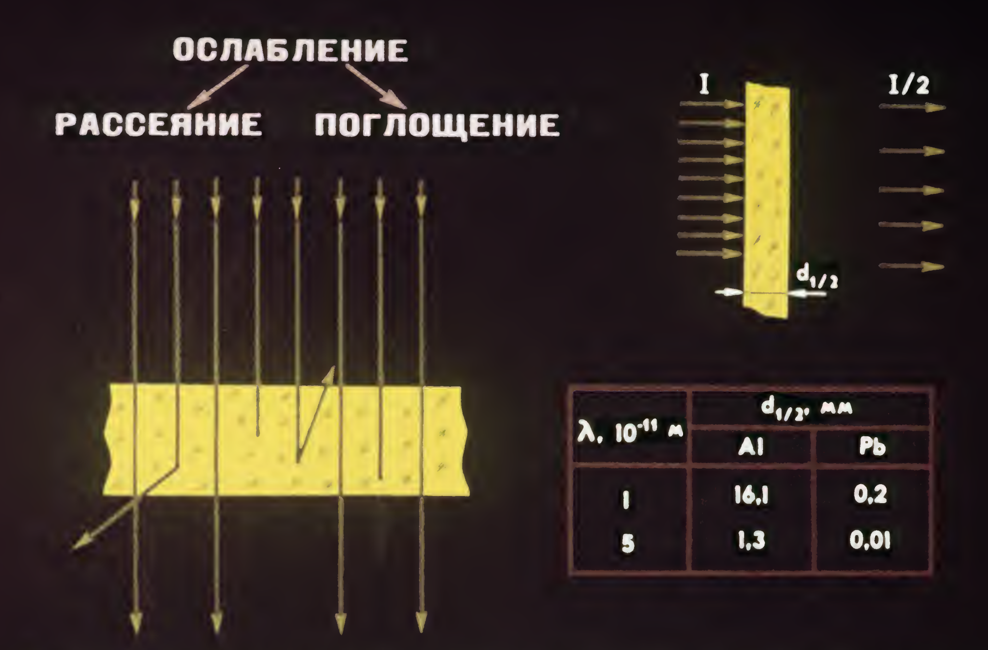
КПД рентгеновских трубок 0,1÷3%. Почему анод мощных трубок изготавливают из тугоплавких металлов?





1. Излучение.
2. Фотопластинка.
3. Фотография.

Ослабление рентгеновских лучей слоем вещества зависит от его массы, приходящейся на единицу площади поверхности.



λ, 10^{-11} м	$d_{1/2}$, мм	
	Al	Pb
1	16,1	0,2
5	1,3	0,01

Толщина поглотителя, уменьшающая интенсивность пучка вдвое, называется толщиной половинного поглощения $d_{1/2}$. Как связаны проникающая способность рентгеновского излучения и его длина волны?





В ожидании потомства.



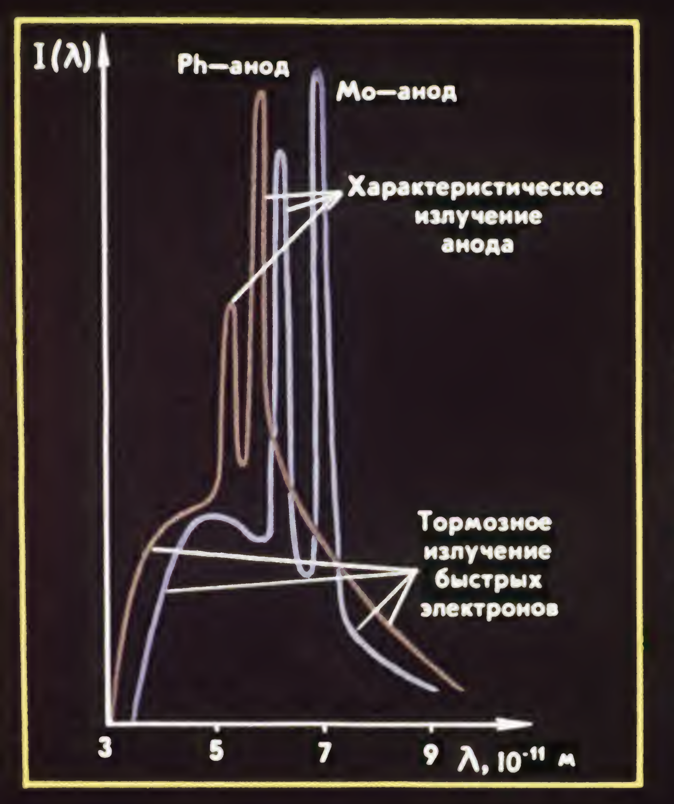


Пенал с авторучками.

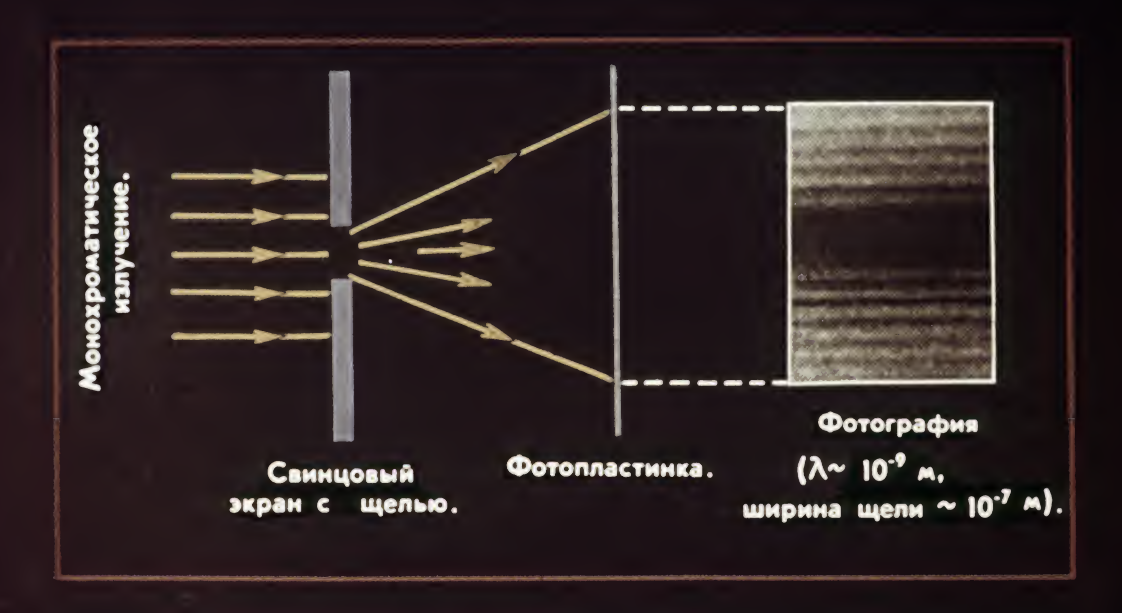


Плоская батарейка.

Перед вами теневые снимки объектов в рентгеновских лучах — так называемые **рентгенограммы.**



Источники резких максимумов в спектрах трубок — атомы анода, разрушаемые быстрыми электронами. Каждому химическому элементу присущ определенный набор **рентгеновских линий.**



Как и видимый свет, рентгеновское излучение обладает волновыми свойствами. Какой будет картина дифракции излучения с непрерывным спектром?



NaCl

λ~a

Фотопластинка.

Фотография (лауэграмма).

Cl^-

Na^+

$a = 5,6 \cdot 10^{-10}$ м

Для рентгеновских лучей периодическая структура кристалла представляет **естественную дифракционную решетку.** Максимумы интенсивности по определенным направлениям — результат интерференции волн, рассеянных в отдельных элементарных ячейках.

Положение и интенсивность пятен на лауэграммах зависят от расположения и природы рассеивающих центров в кристаллической решетке.

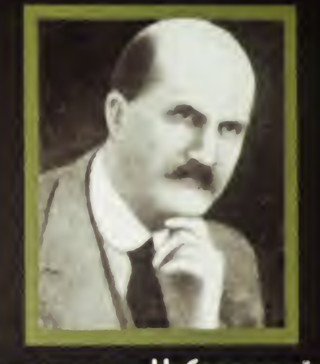
Лауэграммы кристаллов сернокислого никеля и берилла.



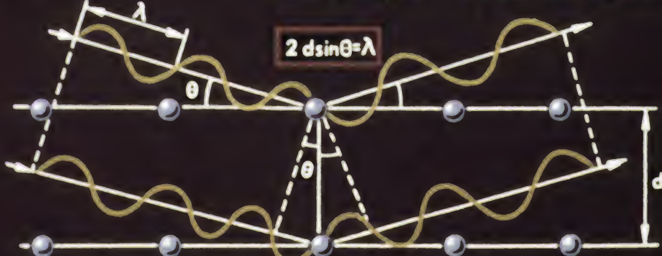
М. Лауэ (1879—1960), лауреат Нобелевской премии за исследование дифракции рентгеновских лучей.



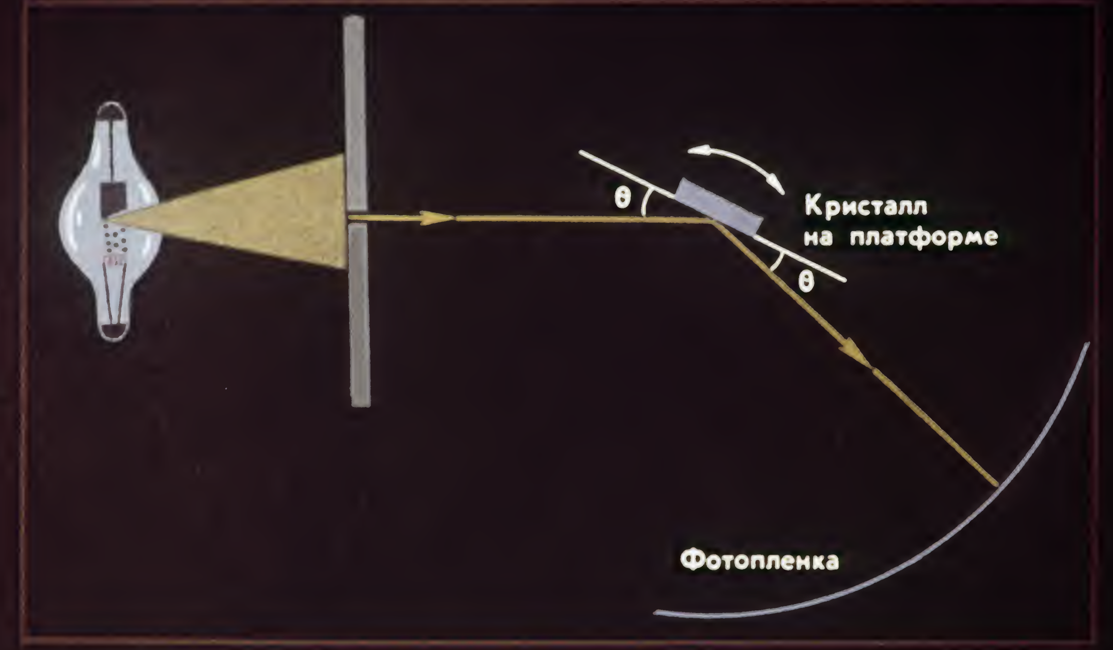




У. Г. Брэгг и У. Л. Брэгг, лауреаты Нобелевской премии за анализ структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей.



Отражение рентгеновского излучения кристаллами—результат интерференции волн, рассеиваемых параллельными атомными плоскостями.



Перед вами схема рентгеновского спектрографа с вращающимся кристаллом. Отраженное излучение является монохроматическим. Его длина волны зависит от значения θ.



Рентгеновский спектрометр.

«Заставляя отражаться от одной и той же грани кристалла различные монохроматические колебания, мы можем сравнивать длину их волн. Пользуясь одной и той же длиной волны, мы можем сравнивать расстояния d».

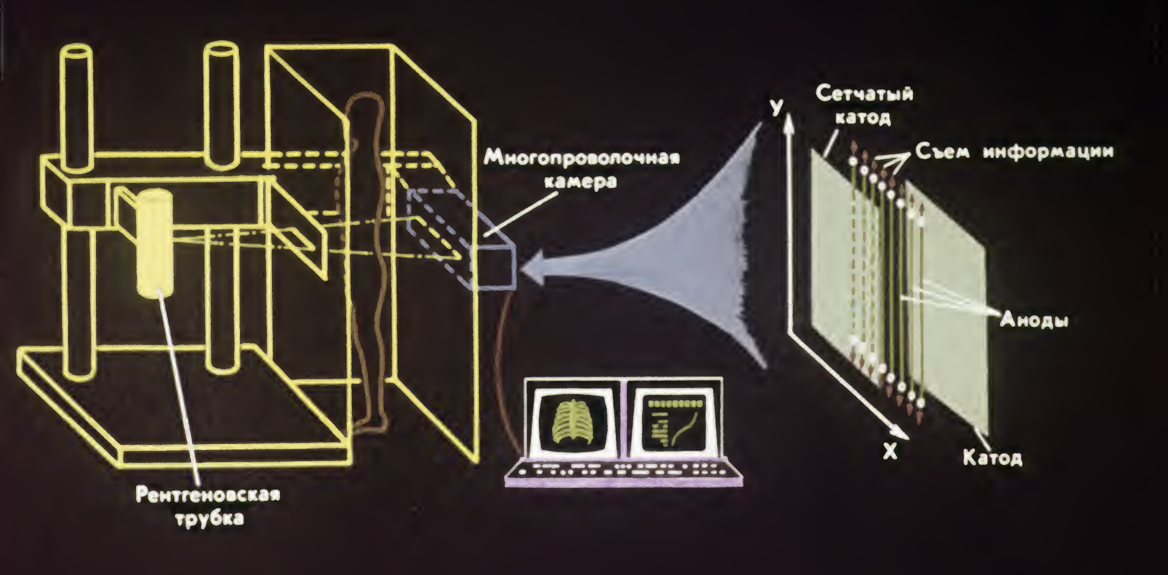
У. Г. Брэгг и У. Л. Брэгг

II. ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

Использование рентгеновских лучей в **медицинской диагностике** основано на неодинаковой поглощающей способности разных тканей человеческого тела.



Снимок руки с застрявшей охотничьей дробью.



В цифровых рентгенографических установках для регистрации излучения используется многопроволочная камера, действующая наподобие системы ионизационных камер. Электрические сигналы, поступающие от проволочек, обрабатывает ЭВМ.



Схема томографа.

Контроль за развитием опухоли при помощи томографа.

Компьютерная томография позволяет получать изображения сечений внутренних органов. Томограф измеряет степень поглощения излучения в определенной плоскости по разным направлениям. Компьютер анализирует сотни тысяч кратковременных замеров.



Опухоль и результат ее рентгенотерапии.

Широкое использование рентгеновских лучей для **лечения раковых заболеваний** основано на том, что клетки опухоли обладают повышенной чувствительностью к облучению по сравнению с клетками здоровой ткани.





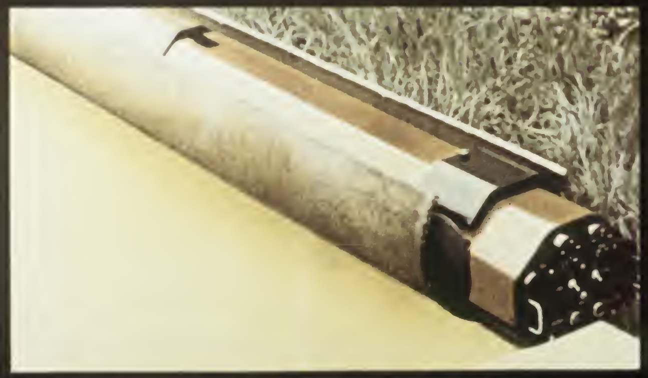
Просвечивание рентгеновскими лучами позволяет обнаруживать в материалах **скрытые дефекты** (трещины, раковины, рыхлоты), контролировать толщину металлических листов.



Рентгенограммы
сварных
швов.



Портативный аппарат для
рентгенографического контроля
материалов.



Самоходный рентгеновский аппарат
для контроля качества сварки трубопроводов.







Неоконченный портрет, обнаруженный под верхним слоем краски знаменитого полотна И. Репина.

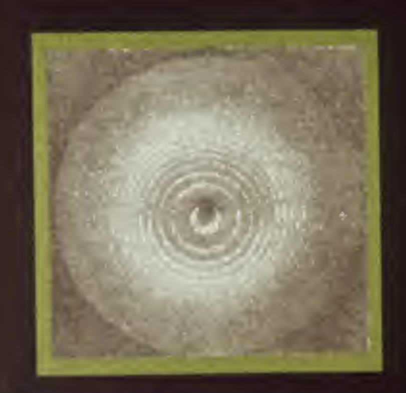
Контроль недозволенных вложений перед посадкой на самолет.

Объясните происхождение рентгеновских изображений.

Рентгеноструктурный анализ молекулярных кристаллов позволяет расшифровывать строение молекул, содержащих тысячи атомов. Вид рентгенограммы кристалла зависит от распределения электронов в его элементарной ячейке.



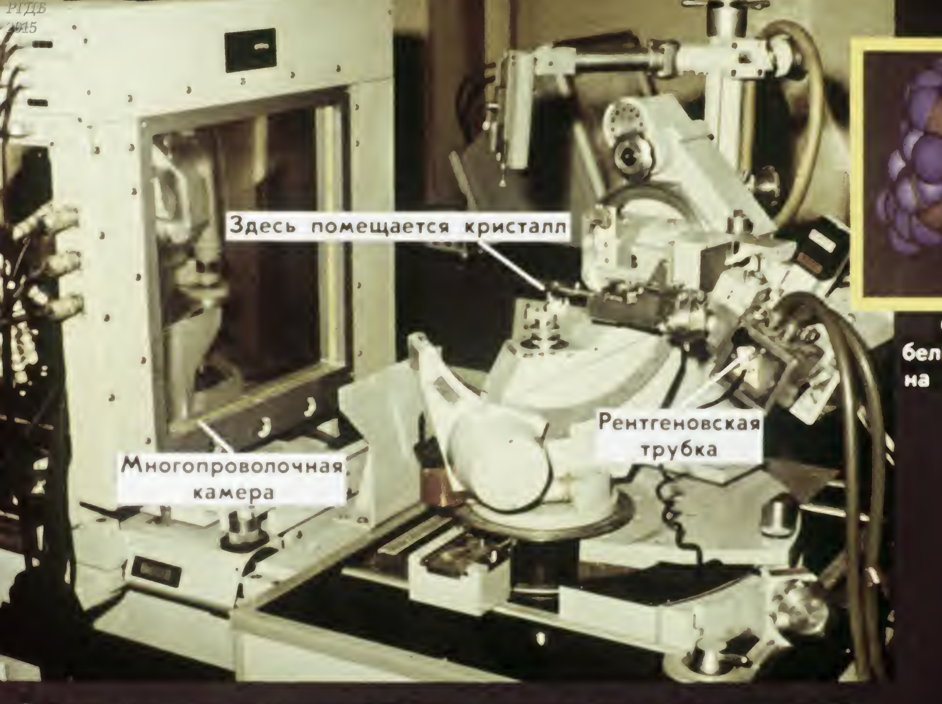




Кристаллы белков и рентгенограмма одного из них.



Расположение белковых молекул в кристалле.



Фрагмент белковой молекулы на экране дисплея.

Дифрактометр, установленный в Институте кристаллографии АН СССР.

Исследования в области молекулярной биологии немыслимы без автоматизации эксперимента.

Дифракционная картина ДНК





Структурная модель ДНК



Анализируя картину дифракции рентгеновских лучей на образцах ДНК, ученые определили расстояния между атомами этого соединения, вычислили его молекулярный вес и предложили структурную модель.



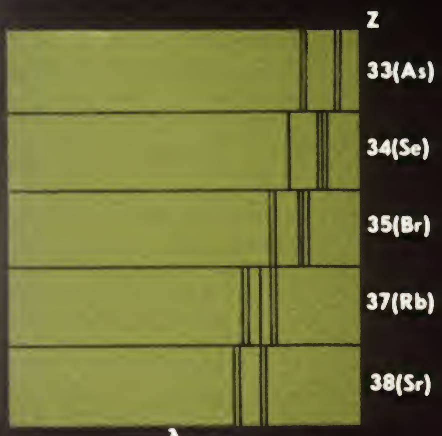
Электронная микрофотография вируса и его изображение, синтезированное ЭВМ по данным рентгеноструктурного анализа.

Рентгеноструктурный анализ (по сравнению с электронной микроскопией) позволяет изучать более мелкие объекты.





Рентгеновский спектрометр для элементного анализа: чувствительность по концентрации $5 \cdot 10^{-4}$%.



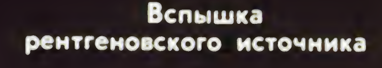
Характеристические спектры.

Рентгеновские спектры атомов не меняются при их химических соединениях. Интенсивность спектральных линий пропорциональна процентному содержанию элемента в веществе.

Рентгеновское излучение горячей плазмы несет информацию о ее температуре и плотности. **Диагностика плазмы** необходима в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу.

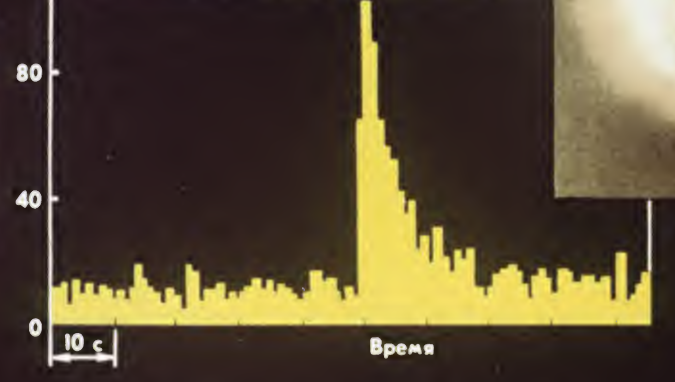


Рентгеновские фотографии термоядерного микровзрыва (в условных цветах).





Рентгеновское изображение солнечной короны.



Бурно развивается новая область астрономии — **рентгеновская астрофизика.** Каково происхождение рентгеновского излучения звезд?





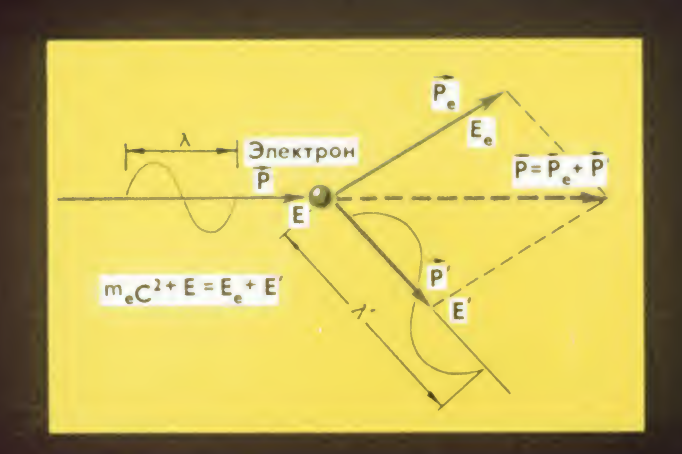


Фотоснимки скопления галактик в видимом свете и в рентгеновских лучах.

Галактика М87 и распределение яркости рентгеновского излучения L в ее центре.

Почему рентгеновские телескопы располагают на космических станциях?

III. КВАНТОВЫЕ СВОЙСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ





А. Комптон (1892—1962), лауреат Нобелевской премии.

Волновая теория не объясняет факта увеличения длины волны рассеянного рентгеновского излучения. Это явление названо **эффектом Ко́мптона** в честь открывшего его ученого.

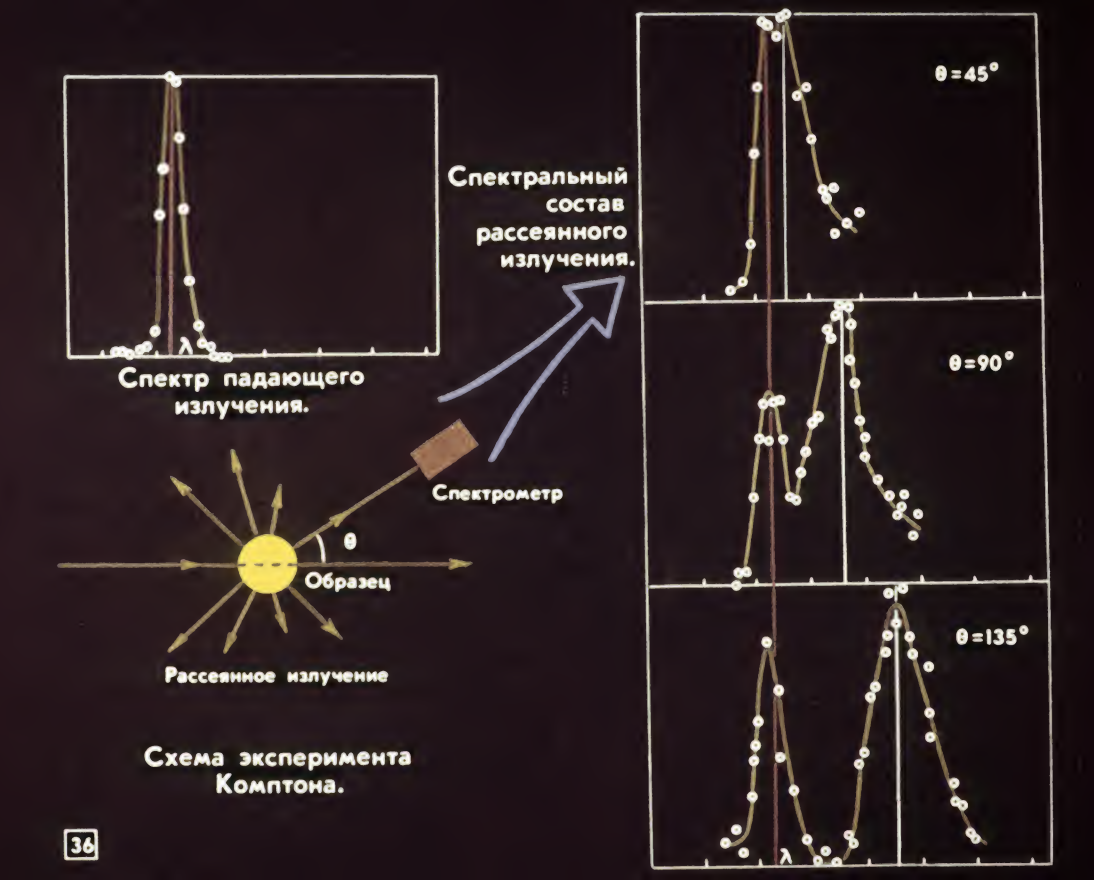
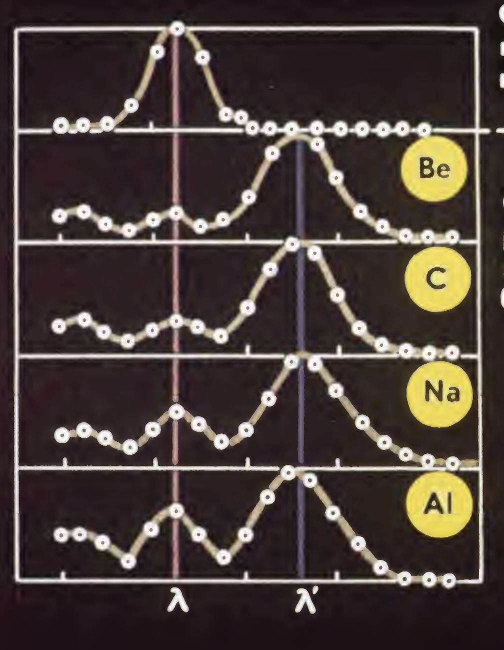


Схема эксперимента
Комптона.



Спектр падающего излучения

Спектры рассеянного излучения: θ= const

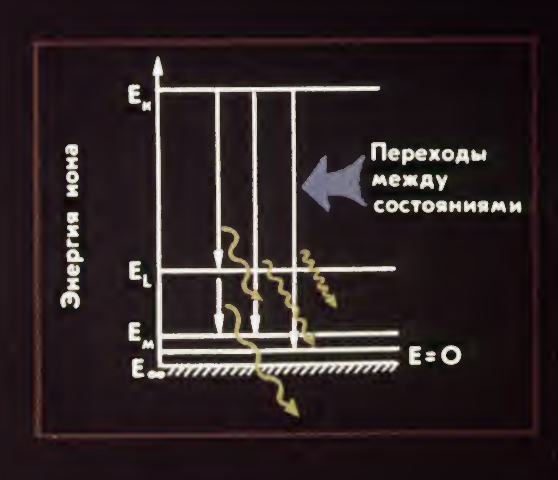
$$\lambda' - \lambda = \lambda_к \, (1 - \cos\theta)$$

$$\lambda_к = h / m_e \; C$$

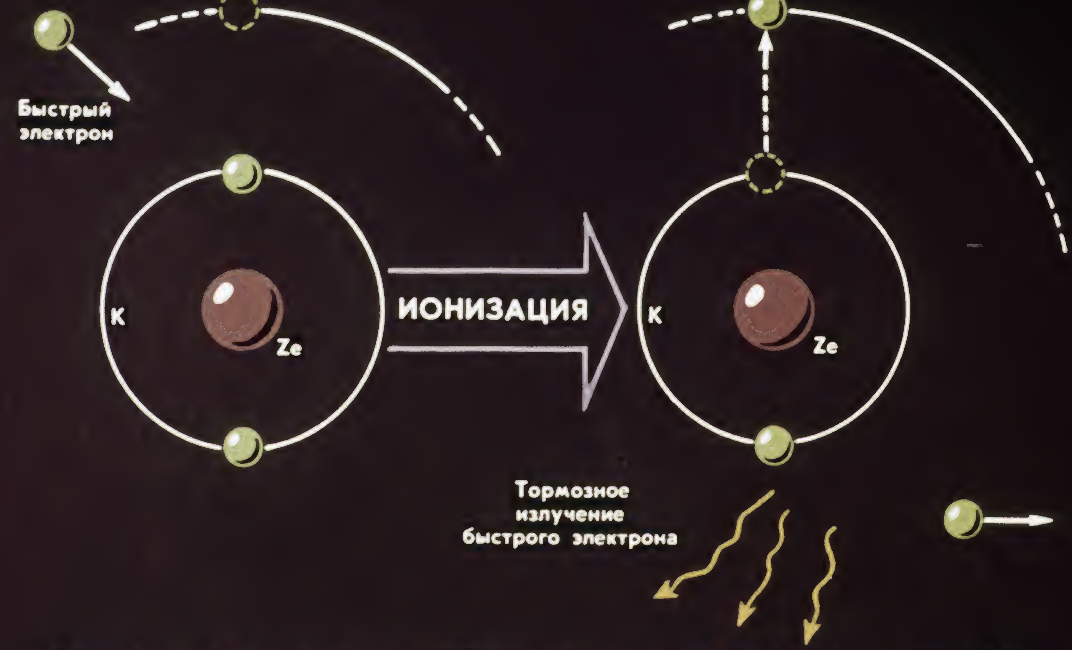
Величина $\lambda' - \lambda$ при одном и том же значении θ не зависит от природы рассеивающего вещества (почему?).

$$h\nu = E_K - E_L$$

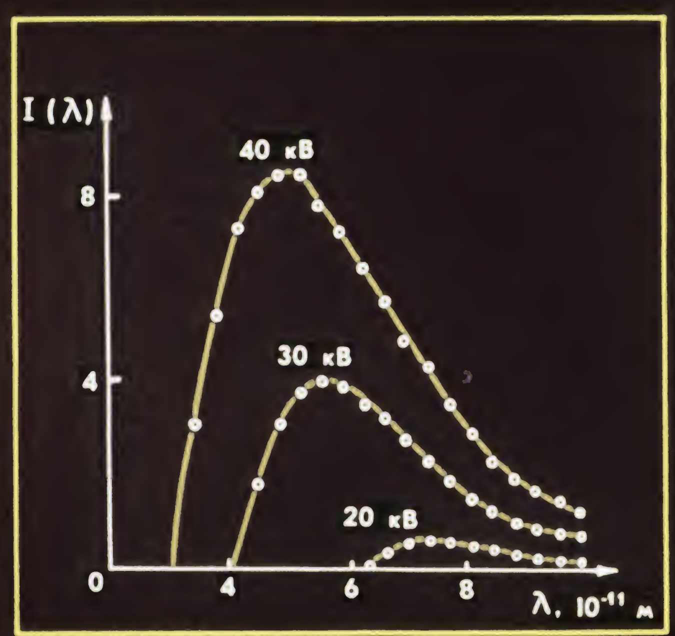
M L K Ze



Рентгеновское излучение атомов (Z > 10) возникает при заполнении «дырок» во внутренних оболочках электронами внешних оболочек.



Ионизация внутренних оболочек атомов возможна при бомбардировке вещества быстрыми заряженными частицами. Объясните происхождение характеристических линий в спектрах рентгеновских трубок.



Существование **коротковолновой границы** λ_{min} в спектрах рентгеновских трубок объясняет лишь квантовая теория. В процессе торможения электрона вся его кинетическая энергия может излучиться одной порцией, тогда $eU = hc/\lambda_{min}$. Предложите эксперимент по определению постоянной Планка.



Механизм вынужденного излучения, обеспечивающего лазерную генерацию.

Физики работают над созданием **рентгеновских лазеров,** для накачки которых может быть использован ядерный взрыв.





КОНЕЦ

Диафильм создан
по програме средней
общеобразовательной школы

Автор **Е. Диркова**

Художник-оформитель **Т. Гурина**

Редактор **В. Чернина**

Д—180—89

103062, Москва,
Старосадский пер., 7

Цветной 0-80